

Optimizer on Fire - Verhalten von PV-Leistungsoptimierern im Brandfall

23. Schweizer Photovoltaik-Tagung, 1./2. April 2025, Bern

Lasse Halle¹, Christof Bucher¹, David Joss¹,

¹Labor für Photovoltaiksysteme, Berner Fachhochschule, Burgdorf, christof.bucher@bfh.ch

Das Forschungsprojekt untersucht das Brandverhalten von Fassaden-Photovoltaikanlagen mit Leistungsoptimierern. Experimente zeigen, dass Leistungsoptimierer bei Überhitzung ihren Ausgang auf einen Bypass umschalten, wodurch das restliche Photovoltaiksystem weiterhin produziert. Nach einer Abkühlphase nehmen die Optimierer den Betrieb wieder auf, selbst bei sichtbaren Deformationen. Im Brandfall führt der Einsatz von Optimierern zu erhöhter Brandlast, brennendem Abtropfen und Rauchentwicklung im Fassadenbereich. Die elektrische Reaktion des Systems unterscheidet sich gemäss den Beobachtungen im Projekt nicht wesentlich von Anlagen ohne Optimierer. Eine automatische Systemspannungsreduktion bleibt aus, da der lokale Brandfall gegen die Erwartung keine Schnellabschaltung auslöst. Die Resultate ermöglichen eine kritische Betrachtung der Systemantwort.

Methodik

Das Verhalten von Leistungsoptimierern im Brandfall wird mittels Experimente untersucht. Dabei wird ein Gesamtsystem von 16 simulierten PV-Modulen (à 330Wp) abgebildet und mit einem Wechselrichter an das Stromnetz angeschlossen. Jedes der PV-Module wird mit einem Optimierer verbunden. Um den Markt möglichst repräsentativ abzudecken, werden Optimierer von SolarEdge, Huawei und Tigo untersucht. Die Untersuchungen sind in zwei unterschiedliche Experimentreihen unterteilt worden:

1. Systemverhalten bei einer lokalen Übertemperatur an einem der 16 Optimierer bis zu 180° C
2. Systemverhalten bei externer Brandquelle an einem der 16 Optimierern in einem repräsentativen Fassadenaufbau mit mindestens 800° C

Das System wird auf das elektrische Verhalten und das Brandverhalten des Optimierers untersucht.



Abbildung 1: Laboraufbau Gesamtsystem Experimentreihe 1 mit Übertemperaturen bis 180° C

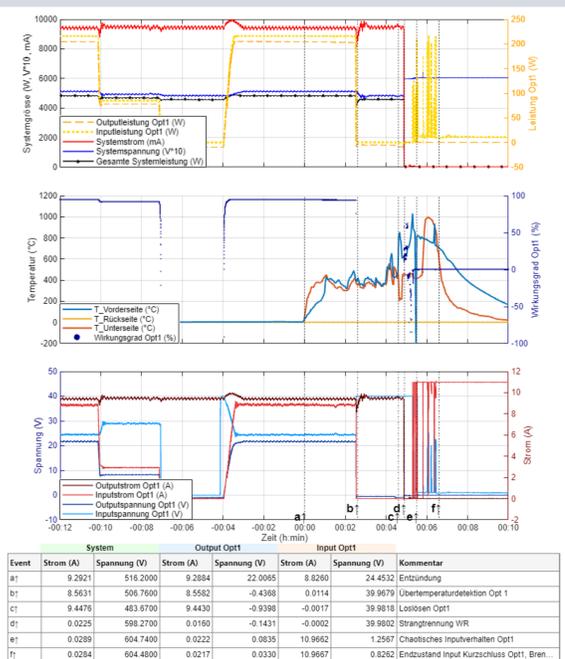


Abbildung 2: Exemplarische Auswertungsgrafik Systemverhalten Flammenversuche (Experimentreihe 2)

Verhalten bei Übertemperatur

Die Optimierer registrieren eine lokale Übertemperatur mit unterschiedlichen Schwellenwerten und einer hysterischen Charakteristik, wobei die Ausschalttemperatur deutlich höher ist als die Einschalttemperatur. Bei der Erkennung der Übertemperatur schaltet der Optimierer seinen Ausgang auf Bypass und seinen Eingang modulseitig auf Leerlauf. Das Gesamtsystem läuft bei allen Herstellern weiter, obwohl bei Temperaturen $\geq 140^\circ\text{C}$ sichtbare Beschädigungen an den Optimierern auftreten. Nach einer Abkühlung schaltet sich der Optimierer automatisch wieder ein.

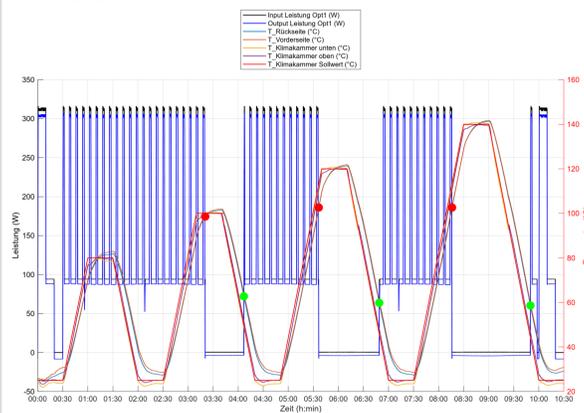


Abbildung 3: Aus- und Einschaltverhalten Optimierer

In den Datenportalen der Hersteller ist die Implementierung von Warn- und Fehlermeldungen für Übertemperaturen unterschiedlich.

- **Huawei:** Warnmeldung mit Positionsnummer
- **SolarEdge:** Fehlermeldung ohne Positionsnummer
- **Tigo:** Keine Warn- oder Fehlermeldung

Nach der Temperaturreduzierung und dem Wiedereinschalten sind die Warn- und Fehlermeldungen bei den Herstellern Huawei und SolarEdge automatisch archiviert worden, obwohl sichtbare temperaturbedingte Beschädigungen erkennbar sind.

Verhalten im Brandfall

Die Auswertung der Flammenversuche erfolgt über eine optische sowie elektrische Auswertung. Eine beispielhafte elektrische Auswertung ist in der Abbildung 2 ersichtliche. Durch den sehr chaotischen Flammenprozess konnten unterschiedliche Systemverhalten beobachtet werden. In den meisten Fällen trennt der Wechselrichter den Stromfluss und reduziert so die Systemleistung. Die Systemspannung bleibt jedoch erhalten.

Im Brandfall führen Optimierer zu brennenden, bewegenden Teilen im Fassadenbereich, da die Befestigungen abschmelzen. Es kommt zu einem brennenden Abtropfverhalten mit einer deutlichen Flammenentwicklung. Die Flamme führt zu einer zusätzlichen Rauchbildung.



Abbildung 4 & 5: Flammenversuch im Fassadenprüfstand

Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Forschungsprojekt wurde beobachtet, dass Optimierer Übertemperaturen erkennen können, aber diese keine Gesamtsystemausschaltung auslösen. Aus den Beobachtungen der Flammenversuche lassen sich folgende Brandschutzrelevanten Verhalten ableiten:

Tabelle 1: Einschätzung des brandschutzrelevanten Verhaltens von einem PV-System mit Optimierern

Kategorie	Pro	Contra
Elektrisches Verhalten	Erkennung von Übertemperaturen	Keine Reduzierung der Systemspannung
	Keine elektrische Leistungsaufnahme	Schlechte / keine Alarmierung
Brandverhalten		Zusätzlicher Brandlasteintrag
		Lösen von brennenden Teilen
		Brennendes Abtropfverhalten

Die Auswirkungen auf den Brandschutz sollen diskutiert werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden gerne geteilt und die Resultate sollen kritisch hinterfragt werden.

In weiteren Forschungsprojekten soll eine mögliche Brandausbreitung durch Optimierer untersucht werden.

Dank

Das Forschungsprojekt wurden durch die Gebäudeversicherung Bern (GVB) unterstützt.



Referenzen

- [1] Swissolar, Übergangsdokument Brandschutz für PV-Anlagen an Fassaden, 2024
- [2] C. Bucher, Photovoltaikanlagen: Planung, Installation, Betrieb, 1. Aufl. (Schriftenreihe Technik). Zürich: faktor, 2021